

Очищение почвы происходит намного медленнее, чем воды или воздуха. Например, для Zn период полужизни составляет 70...510 лет, Cd – 13...110 лет, Cu – 310...1500, Pb – 740...5900 лет. Таким образом, накапливая токсичные элементы, почва сама становится источником отрицательного влияния на окружающую среду.

Поскольку современные технологии строительной индустрии невозможны без применения промышленных отходов, их использование требует проведения тщательной экологической экспертизы, санитарно-гигиенического контроля и оценки экономической эффективности технологических решений.

1. Чистяков В.В., Черняк В.Н., Гоц В.И. Использование технологии бетона для обезвреживания токсичных отходов // Материалы 2-й науч.-техн. конф. "Проблемы súčasного залізобетону". Вып. 50. – К., 1999. – С. 415–416.

2. Наркевич И.П., Печковский В.В. Утилизация и ликвидация отходов в технологии неорганических веществ. – М.: Химия, 1984. – 240 с.

3. Гусев Б.В., Малинина Л.А., Щелыкина Т.П. Экологические проблемы бетонов с техногенными отходами // Бетон и железобетон. – 1997. – №5. – С. 5-8.

4. Вредные химические вещества. Неорганические соединения I-IV гр: Справ. изд. / Под ред. В.А.Филова. – М.: Химия, 1988. – 512 с.

Получено 20.04.2001

СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 624.012.82

П.Ф.ВАХНЕНКО, д-р техн. наук, **С.В.КЛИМЕНКО**, канд. техн. наук,
С.Л.ЩАПОВАЛ

Полтавський державний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ПРО МІЦНІСТЬ МАСИВНОЇ КАМ'ЯНОЇ КЛАДКИ ПРИ ЇЇ МІСЦЕВОМУ ЗАВАНТАЖЕННІ

Проаналізовано напружено-деформований стан масивної кам'яної кладки. Розроблено і запропоновано методику визначення розрахункової площі стінки, що включається в роботу при місцевому стиску.

В [1] була розглянута міцність кам'яної стінки у випадку, коли завантаження діє по всій товщині стінки і напружено-деформований стан можна вважати плоским.

Якщо завантажена тільки частина поверхні кладки, то решта стінки з площею перерізу, що дорівнює площі навантаження, "обтискується" з усіх боків. Теоретичний аналіз напружено-деформованого стану у

випадку завантаження по прямокутнику можливий чисельними методами (наприклад, методом кінцевих елементів). Але для визначення енергії деформування розглянемо навантаження по кругу з радіусом a , площа якого дорівнює реальній площі навантаження $\pi a^2 = l^2$. Звідси діаметр еквівалентного круга $d = 1,13l$.

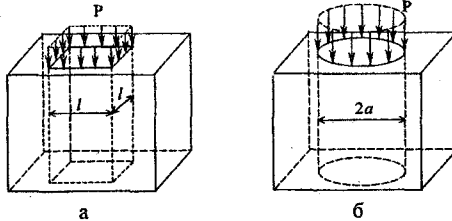


Рис.1 – Схема реального (а) і еквівалентного (б) завантаження

1. Аналіз напружено-деформованого стану масивної кладки при місцевому завантаженні

Враховуючи вищезазначене, можна скористатись відомим рішенням для напівнескінченного тіла, завантаженого рівномірно розподіленим навантаженням по кругу з радіусом a (12.16) [2].

Переміщення точок поверхні в межах завантаженого круга визначається залежністю

$$V(r) = 4P \frac{1 - \mu^2}{\pi E} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{a^2 - r^2 \sin^2 \varphi} d\varphi \quad (1)$$

або

$$V(r) = 4P \frac{1 - \mu^2}{\pi E} a \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - \left(\frac{r}{a}\right)^2 \sin^2 \varphi} d\varphi. \quad (2)$$

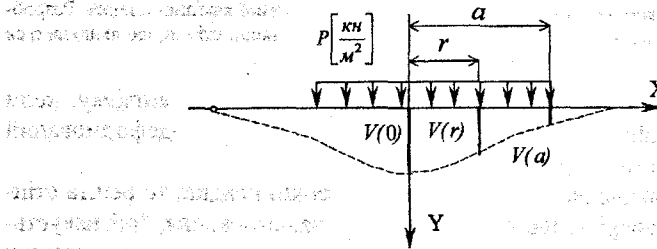


Рис.2 – Прогини поверхні кладки в зоні завантаження

Інтеграл, що входить у вирази (1) і (2), не інтегрується за допомогою елементарних функцій. Це так званий еліптичний інтеграл, значення якого наведені в таблицях довідкової літератури.

Для крайніх точок ($r = 0$, $r = a$) цей інтеграл розраховується безпосередньо

$$V(0) = \frac{2(1 - \mu^2)}{E} Pa; \quad (3)$$

$$V(a) = \frac{4(1 - \mu^2)}{\pi E} Pa. \quad (4)$$

Для визначення енергії деформування нам потрібно повторно інтегрувати переміщення, тобто обчислювати подвоєний інтеграл від еліптичного, що в загальному вигляді неможливо.

Для спрощення математичних перетворень виконаємо апроксимацію лінії прогинів квадратною параболою, яку проведемо через три точки $V(0)$, $V(a)$, $V(a/2)$. Таблиці еліптичних інтегралів наведені в [3].

Таким чином, прогин поверхні кладки при $r = a/2$ за формулою (2)

$$V(a/2) = \frac{4P(1 - \mu^2)}{\pi E} a \cdot 1,4675. \quad (5)$$

Для спрощення $B = \frac{4(1 - \mu^2)}{E}$. Отже, прогини трьох точок поверхні дорівнюють

$$\begin{aligned} V(0) &= 0,5 \cdot B \cdot P \cdot a, \\ V(a/2) &= 0,466 \cdot B \cdot P \cdot a, \\ V(a) &= 0,3183 \cdot B \cdot P \cdot a. \end{aligned} \quad (6)$$

Якщо ввести безрозмірний радіус $\rho = r/a$, то залежності (6) можна узагальнити $V(\rho) = B \cdot P \cdot a \cdot \bar{V}(\rho)$, де $\bar{V}(\rho)$ – безрозмірний прогин, що апроксимується поліномом другого степеня $\bar{V}(\rho) = b\rho^2 + d\rho + c$.

За наведеними значеннями $\bar{V}(\rho)$ у трьох точках визначаємо коефіцієнти рівняння і отримуємо

$$\bar{V}(\rho) = -0,2274\rho^2 + 0,0457\rho + 0,5. \quad (7)$$

Наближена формула для визначення прогинів набуде вигляду

$$V(\rho) = B \cdot P \cdot a \cdot (-0,2274 \rho^2 + 0,0457 \rho + 0,5). \quad (8)$$

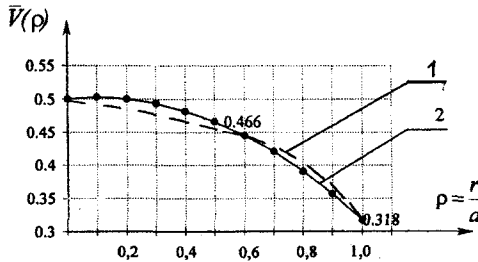


Рис.3 – Графіки прогинів поверхні кам'яної кладки:
1 – за формулою (2); 2 – за наближеною формулою (8)

Визначимо енергію деформування напівнескінченного тіла, що дорівнює роботі зовнішніх сил на площі завантаження. Якщо виділити елементарне кільце радіусом r і товщиною dr (рис.4), то робота сил, які діють на площу цього кільця, буде

$$dW_n = P \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr \cdot V(r).$$

Робота зовнішнього навантаження P по всій площі круга з радіусом a дорівнюватиме

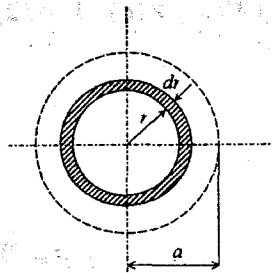


Рис.4 – Схема для визначення роботи зовнішніх сил

$$W_n = \int_0^a V(r) \cdot P \cdot 2\pi r \cdot dr, \quad (9)$$

а в безрозмірних координатах

$$W_n = 2\pi r \cdot a^3 \cdot P^2 \int_0^1 \bar{V}(\rho) \cdot \rho \cdot d\rho. \quad (10)$$

Після підстановки в інтеграл залежності (7) отримаємо енергію деформування в напівнескінченному тілі:

$$W_n = \frac{1,667 \cdot \pi (1 - \mu^2)}{E} a^3 \cdot P^2. \quad (11)$$

2. Визначення параметрів еквівалентної колони

Визначимо енергію деформування колони, площа перерізу якої πa^2 :

$$W_k = P \cdot \pi \cdot a^2 \frac{P \cdot \pi \cdot a^2 h}{E \cdot \pi \cdot a^2} = \frac{\pi \cdot a^2 h \cdot P}{E} \quad (12)$$

Відношення енергії деформування колони та напівнескінченного тіла

$$\frac{W_k}{W_n} = \frac{\pi \cdot a^2 h \cdot P^2 \cdot E}{E \cdot 1,667 \cdot \pi (1 - \mu^2) \cdot a^3 \cdot P^2} = \frac{h}{1,667(1 - \mu^2) \cdot a} \quad (13)$$

Якщо $\mu = 0,2$, то $W_k / W_n = 0,6248h/a$. Якщо $h = 10a$ (тобто $5d$), то $W_k / W_n = 0,6248$.

Знайдемо навантаження P_1 , при якому енергія деформування в рівновеликій колоні дорівнює енергії деформування напівнескінченного тіла, завантаженого по тій самій площі:

$$W_k = P_1 \cdot A_p \frac{P_1 \cdot A_p \cdot 10a}{EA_p} = P_1^2 \cdot A_p \frac{10a}{E},$$

$$\frac{1,667(1 - \mu^2)}{E} \pi \cdot a^2 \cdot a \cdot P^2 = P_1 \cdot A_p \frac{10a}{E},$$

$$P_1 = P \sqrt{\frac{1,667(1 - \mu^2)}{10}},$$

при $\mu = 0,2$

$$P_1 = 0,4P. \quad (14)$$

Для стінки таке співвідношення склало $P_1 = 0,5395P$.

Знайдемо площу перерізу еквівалентної колони. Енергія деформування колони

$$W_k = P \cdot A_p \frac{P \cdot A_p \cdot h}{EA_k} = P^2 \cdot A_p \frac{10a}{EA_k}, \quad (15)$$

з умови $W_n = W_k$ виходить

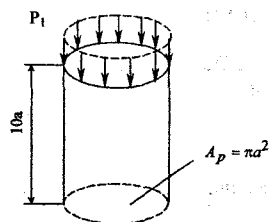


Рис. 5 – Схема для визначення навантаження P_1

$$\frac{1,667(1 - \mu^2)}{E} A_p \cdot P^2 = P^2 \cdot A_p^2 \frac{10a}{EA_k},$$

$$1,667(1 - \mu^2) = 10 \frac{A_p}{A_k};$$

$$A_k = \frac{10A_p}{1,667(1 - \mu^2)}. \text{ Якщо } \mu = 0,2, \text{ то}$$

$$A_k = 6,275 A_c. \quad (16)$$

У випадку "стілки" це співвідношення складо $A_k = 3,44 A_p$.

Таким чином, з наведених даних випливає, що за розрахункову площу A слід приймати площу стінки в 6,275 разів більшу за площу навантаження. Максимальне значення коефіцієнта $\xi = 1,83$ [4].

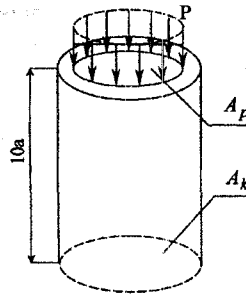


Рис.6 – Схема до визначення площі перерізу еквівалентної колони

1.Вахненко П.Ф., Шаповал С.Л. Про міцність кам'яної кладки при її місцевому стисненні // Галузеве машинобудування (будівництво): 36. наукових праць. Полт. держ. техн. ун-ту ім.Юрія Кондратюка. Вип.4. – Полтава: ПДТУ ім.Юрія Кондратюка, 1999. – С.185-192.

2.Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. – М.: Высш. шк., 1968. – 264 с.

3.Бронштейн И.М., Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Наука, 1986. – 544 с.

4.Вахненко П.Ф. Кам'яні та армокам'яні конструкції: Навч. посібник. – К.: ІСДО, 1993. – 184 с.

Отримано 12.04.2001

УДК 624.196

Д.Ф.ГОНЧАРЕНКО, д-р техн. наук, А.Н.МЕНАЙЛОВ

Харьковский государственный технический университет
строительства и архитектуры

ГОРНОЕ ДАВЛЕНИЕ НА ОБДЕЛКИ МИКРОТОННЕЛЕЙ РАЗНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Строительство городских тепловых сетей можно осуществлять закрытым способом. Производственный процесс строительства микротоннелей рассматривается как сложная система "обделка – массив". Решению проблемы аналитического определения горного давления, действующего на конструкции микротоннеля, и посвящена настоящая статья.

Современные города расширяются не только по горизонтали, но и по вертикали с использованием подземного пространства. Комплексное освоение последнего, т.е. размещение под землей различных объ-